

## **Concise English Explanation of DE 103 36 666**

The number of degrees of positional freedom which can be compensated for in the positioning phase by the method according to the invention can be freely selected and depends only on the configuration of the sensor system. Similarly, the number of sensors used can be freely selected. The number of (scalar) sensor information items supplied has merely to be equal to or greater than the number of degrees of freedom to be adjusted. In particular, a relatively large number of sensors can be provided, and the redundant sensor information can be used, for example, in order to be able better to record shape defects of the body region under consideration and/or with the add-on part to be fitted in or to improve the accuracy of the positioning operation. Finally, use can be made of sensor information from different, contactless and/or tactile sources (for example, a combination of CCD cameras, optical gap sensors and tactile distance sensors). Thus, by using suitable sensors, the measuring results of different variables relevant to quality (for example, gap dimensions, transition dimensions, depth dimensions) can be taken into consideration in the process of fitting in the add-on part. In the case of mounting tasks on vehicle bodies, use can be made, with particular advantage, of contactless sensors (for example gap sensors) which perform measurements in the UV spectral range, are distinguished by high insensitivity to various surface-area properties and are therefore particularly suitable for recording geometrical features on transparent surfaces and on painted or unpainted vehicle bodies. Sensors of this type and the principle of measurement on which they are based are described, for example, in German patent application 103 36 666.0.

**BEST AVAILABLE COPY**



**THE UNIVERSITY OF CHICAGO**

(12)

(21) Aktenzeichen: 103 36 666.0  
(22) Anmeldetag: 09.08.2003  
(43) Offenlegungstag: 10.03.2005

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **G01B 11/14**  
**G01B 11/24**

**(71) Anmelder:**  
**DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE**

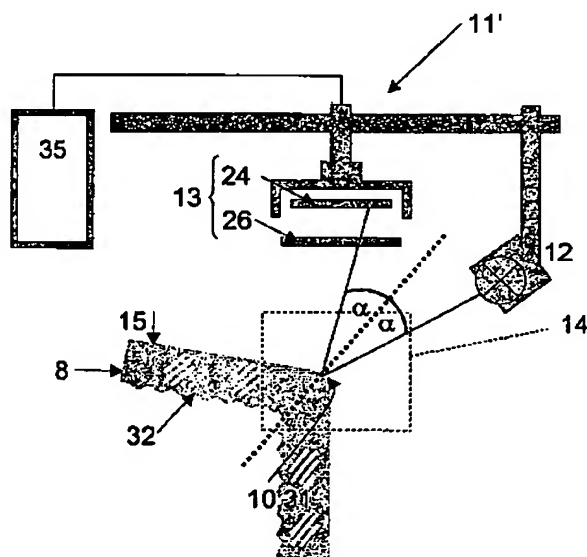
**(72) Erfinder:**  
**Becker, Frauke, 71106 Magstadt, DE; Schreck,**  
**Andreas, Dipl.-Ing., 89134 Blaustein, DE; Schuler,**  
**Bernd, 72221 Haiterbach, DE; Stahs, Thomas, Dr.,**  
**89081 Ulm, DE**

**Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Geometrische Oberflächenerfassung, insbesondere Spaltnessung, unter Verwendung von UV-Strahlung**

(57) Zusammenfassung: Zur Erfassung geometrischer Oberflächenmerkmale eines Bauteils (8) mithilfe elektromagnetischer Strahlung wird ein Leuchtmittel (12) eingesetzt, das elektromagnetische Strahlung im UV-Bereich ausstrahlt. Die durch das Leuchtmittel (12) erzeugten Reflexionen auf dem Bauteil (8) werden mithilfe eines UV-empfindlichen Detektionsmittels (13) selektiv Strahlung im UV-Bereich detektiert. Dieses Messverfahren gestattet die prozesssichere Messung der Oberflächengeometrie an Bauteilen aus technischen Materialien, insbesondere aus transparenten Kunststoffen, die den bekannten Messverfahren im optischen Frequenzbereich nicht oder nur schwer zugänglich sind.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung geometrischer Oberflächenmerkmale eines Bauteils.

**[0002]** Zur Messung der geometrischen Form und Position von Bauteilen, beispielsweise als Teil der Qualitätskontrolle, kommen in der Automobilindustrie, insbesondere im Produktionsumfeld, vielfach optische Sensoren zum Einsatz. Da die Funktionsweise dieser Sensoren auf einem berührungsfreien Messprinzip beruht, sind sie bezüglich ihrer Anbringung in der Messvorrichtung unempfindlich gegenüber Positionierungsfehlern der zu messenden Bauteile und ermöglichen eine schnelle Datenerfassung. Durch Verwendung elektronischer Kameras, die mit einer geeigneten Auswertelektronik verbunden sind, ist eine Messung und Messdatenauswertung im Produktionstakt möglich.

**Stand der Technik**

**[0003]** Optische Sensorik wird beispielsweise verwendet, um in der Automobilproduktion im Zuge des Rohbaus und der Montage die Breite von Spalten zwischen unterschiedlichen Karosserieteilen bzw. zwischen Karosserie- und Einbauteilen zu prüfen. Um eine qualitativ hochwertige Anmutung der Karosserie sicherzustellen, ist eine hochgenaue Einstellung bzw. Nachjustierung des Spaltmaßes notwendig; dies setzt voraus, dass das Spaltmaß prozessbegleitend geprüft werden kann. Aus der DE 199 10 699 A1 ist eine hierzu geeignete Vorrichtung zur optischen In-Prozess-Messung von Spaltbreiten auf Fahrzeugkarosserien bekannt: Die Vorrichtung umfasst Leuchtmittel und Detektionsmittel, die in einer solchen Weise relativ zueinander und relativ zum Spalt angeordnet und ausgerichtet sind, dass die Leuchtmittel linienförmige Reflektionen an den Kanten des Spalts erzeugen, die von den Detektionsmitteln detektiert werden. Diese Vorrichtung soll – unabhängig von den Reflektionseigenschaften der Oberfläche – eine konsistente Ermittlung der Spaltmaße ermöglichen.

**[0004]** Voraussetzung für die Anwendung der bekannten Verfahren zur optischen Geometrieerfassung des Objekts ist, dass von dem Leuchtmittel eine Reflektion oder ein Abbild auf der Oberfläche des Messobjekts erzeugt werden kann. Für die Problematik der Spaltmessung bedeutet das, dass die Oberflächen der beiden aneinandergrenzenden Einzelbauteile, zwischen denen ein Spalt gemessen werden soll, beide in den für die Messung relevanten räumlichen Bereichen eine hohe Messdatenqualität ermöglichen müssen. Schwierigkeiten treten immer dann auf, wenn die Einzelbauteile aufgrund ihrer Oberflächen- bzw. Materialbeschaffenheiten keine gute Reflektion der auftreffenden Lichtstrahlung bzw.

keine gute Abbildung des Projektionsmusters gestatten. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn eines der Einzelbauteile (oder beide) aus einem lichtdurchlässigen Material besteht oder stark lichtabsorbierende oder totalreflektierende Eigenschaften hat.

**[0005]** Eine solche Situation tritt beispielsweise bei Spaltmessungen im Frontbereich von Karosserien auf. Um im Zuge der Endmontage eine hochgenaue Einpassung des Frontmoduls an die Restkarosserie zu gewährleisten, wird der Spalt an einer oder an mehreren Stellen zwischen der (zur Restkarosserie gehörigen) Beplankung und dem (zum Frontmodul gehörigen) Scheinwerfermodul gemessen; das Frontmodul wird dann in einer solchen Weise gegenüber der Restkarosserie justiert, dass das gewünschte Spaltbild erreicht ist. Um diese Spaltmessung durchzuführen, müssen simultan optische Messwerte auf den (transparenten) Scheinwerferabdeckungen und auf den benachbarten (lackierten) Kotflügelbereichen gewonnen werden; aus diesen Messwerten werden dann die Breite und der Verlauf des Spalts zwischen Scheinwerferabdeckung und Beplankung ermittelt. Diese Spaltmessung gestaltet sich als besonders schwierig: Zum einen sind die Scheinwerferabdeckungen mit Hilfe optischer Messmethoden nur schwer zu erfassen, da sie aus einem transparenten und ggf. in sich stark strukturierten Material bestehen; zum anderen ergeben sich in den umgebenden Karosseriebereichen Komplikationen aufgrund der lokalen Formgebung der Bleche und der Lackeigenschaften (d.h. Farbspektrum, hochglänzender Klarlack, komplexe Geometrie).

**[0006]** Um auch in einem solchen Anwendungsfall eine sichere und zuverlässige optische Erfassung der Objektoberfläche zu ermöglichen, wird in der DE 101 08 221 A1 vorgeschlagen, auf die Oberfläche des Messobjekts während der optischen Messung einen Niederschlag aus einem diffus reflektierenden Material, beispielsweise aus Flüssigkeitströpfchen oder Eiskristallen, aufzubringen. Zur Erzeugung eines solchen Niederschlags wird vorgeschlagen, das Messobjekt vor der optischen Erfassung zumindest teilweise abzukühlen, so dass auf der Oberfläche des abgekühlten Bereiches des Messobjekts die in der Umgebungsluft enthaltene Feuchtigkeit kondensiert oder vereist. Dies erfordert jedoch einen erhöhten apparativen Aufwand, da eine geeignete Kühlvorrichtung bereitgestellt werden muss, und ist weiterhin mit einem zusätzlichen Zeitaufwand verbunden, da die Messung erst nach Eintritt der Kondensation/Vereisung der Oberflächen durchgeführt werden kann. Ganz generell – unabhängig von der konkreten Art der Beschichtung – ist das in der DE 101 08 221 A1 vorgeschlagene Verfahren immer mit einem Zusatzaufwand verbunden, da eine Beschichtung auf das Objekt aufgebracht und nach der Messung vollständig entfernt werden muss, ohne dass die Objektoberfläche negativ beeinflusst wird. Für einen Se-

rieneinsatz im Rahmen der Endmontage in der Automobilindustrie ist das aus der DE 101 08 221 A1 bekannte Verfahren daher nicht geeignet.

#### Aufgabenstellung

**[0007]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein fabriktaugliches berührungsloses Verfahren bereitzustellen, mit Hilfe dessen auch auf Objekten mit stark reflektierenden, absorbierenden oder lichtdurchlässigen Oberflächen eine prozesssichere geometrische Oberflächenerfassung durchgeführt werden kann, ohne dass dafür ein zusätzlicher Aufwand zur Präparation der Oberfläche getrieben werden muss. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens bereitzustellen.

**[0008]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 6 gelöst.

**[0009]** Danach erfolgt die geometrische Oberflächenerfassung des Bauteils unter Verwendung von Lichtstrahlung im UV-Bereich. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass gewisse technische Materialien, insbesondere Kunststoffe, die im sichtbaren Frequenzbereich transparent sind, im UV-Bereich einen stark reduzierten Transmissionskoeffizienten aufweisen. Oftmals tritt dieser Effekt bereits im nahen UV-Bereich auf. Weiterhin wurde beobachtet, dass auch andere im Automobilbereich häufig verwendete Oberflächenwerkstoffe (insbesondere Lacke) wohldefinierte, reproduzierbare Absorptions- und Reflexionseigenschaften von Strahlung, im UV-Bereich haben, so dass sich UV-Strahlung insbesondere auch zur Oberflächenuntersuchung lackierter Flächen eignet. Die Verwendung von UV-Strahlung ermöglicht eine Gewinnung stabiler Bilddaten, insbesondere bei einer reflexionsbasierten Messung. Das erfindungsgemäße Verfahren gestattet somit eine prozesssichere Geometrieerfassung eines weiten Spektrums unterschiedlicher Oberflächen, insbesondere im Fahrzeugbereich, ohne dass dazu ein zusätzlicher Aufwand zur Präparation der Oberfläche getrieben werden muss.

**[0010]** Vorteilhafterweise wird das erfindungsgemäße Verfahren zur geometrischen Oberflächenerfassung von Bauteilen verwendet, die zumindest abschnittsweise aus einem (im sichtbaren Spektralbereich) transparenten Kunststoff, insbesondere Polycarbonat, bestehen. Die Transmission derartiger Kunststoffe nimmt im nahen UV-Bereich (typischerweise bei Wellenlängen kleiner 400 nm) stark ab. Im UV-Bereich sind derartige Kunststoffe somit intransparent. Daher kann eine gute Oberflächenmessung mit Hilfe von UV-Strahlung erreicht werden, deren Wellenlänge kleiner als etwa 400 nm ist.

**[0011]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Er-

findung wird das erfindungsgemäße Verfahren zur optischen Spaltnessung an Bauteilen, insbesondere an Fahrzeugkarosserien, verwendet. Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren zum Einsatz kommen bei der Spaltnessung zwischen einer Scheinwerferabdeckung aus einem transparenten Kunststoff und dem umliegenden Frontbereich der Fahrzeugkarosserie. Das Verfahren hat den Vorteil, dass beide Seiten des Spaltes (also Karosserie und Scheinwerferabdeckung) mit ein und demselben Sensorsignal erfasst werden können, so dass keine zusätzliche (Relativ-) Kalibrierung unterschiedlicher Sensoren zueinander notwendig ist. Die Verwendung von W-Strahlung hat den zusätzlichen Vorteil, dass die Messanordnung unempfindlich gegenüber Fremdlicht im sichtbaren Frequenzbereich ist und somit ohne Abblendvorrichtungen im Produktionsumfeld eingesetzt werden kann.

**[0012]** Soll die Oberfläche eines Bauteils flächenhaft erfasst werden, so empfiehlt es sich, ein Messverfahren mit strukturiertem bzw. codiertem Licht einzusetzen. Die prinzipielle Funktionsweise solcher Verfahren ist beispielsweise aus der DE 196 26 889 A1 und der DE 40 11 406 A1 bekannt. Bei Verwendung dieser Verfahren werden mit Hilfe eines UV-Projektors unterschiedliche Muster auf das Messobjekt aufprojiziert; die Abbilder dieser Muster auf dem Messobjekt werden von einer UV-Kamera detektiert und geben Aufschluss über die dreidimensionale Oberflächengeometrie des Messobjekts.

**[0013]** Die Messanordnung, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Einsatz kommt, umfasst einerseits Leuchtmittel, die elektromagnetische Strahlung bevorzugt im nahen UV-Bereich aussenden, und andererseits Detektionsmittel, die selektiv W-Strahlung in einem mit dem Leuchtmittel überlappenden Frequenzbereich detektieren. Als Leuchtmittel werden beispielsweise W-LED-Arrays oder UV-Röhren verwendet, als Detektionsmittel kommen vorzugsweise UV-Videokameras zum Einsatz. Die Messwerte der Detektionsmittel werden in einer Auswertestation weiterverarbeitet, in der aus den Messdaten beispielsweise ein Spaltmaß ermittelt und mit einem in der Auswertestation abgelegten Sollwert verglichen wird. Zur Durchführung einer solchen Spaltnessung ist das Messsystem vorteilhafterweise mit mehreren Leuchtmitteln und mehreren Detektionsmitteln ausgerüstet, die in einer solchen Weise relativ zueinander und relativ zu dem Spalt ausgerichtet sind, dass die Detektionsmittel Reflexionen an den Kanten der Bauteilbereiche detektieren, die den Spalt begrenzen.

#### Ausführungsbeispiel

**[0014]** Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert; dabei zeigen:

**[0015]** Fig. 1 einen Ausschnitt einer Frontpartie einer Fahrzeugkarosserie;

**[0016]** Fig. 2 schematische Darstellungen zweier UVMessanordnungen:

Fig. 2a: Messanordnung zur Reflexionsmessung auf transparentem Material;

Fig. 2b: Messanordnung mit zwei Lichtquellen und einem Sensor zur Spaltmessung

**[0017]** Fig. 3 eine exemplarische Darstellung der spektralen Verteilung der Transmissionskoeffizienten der Systemkomponenten der Messanordnung aus Fig. 2b;

**[0018]** Fig. 4 UV-Kamerabilder des Messbereichs der Fig. 2b auf einer Karosserie ...

Fig. 4a ... mit silbermetallisch-Lackierung;

Fig. 4b ... mit weißer Lackierung;

Fig. 4c ... mit schwarzer Lackierung;

**[0019]** Fig. 5 einen Ausschnitt des Kamerabildes der Fig. 4a während der Auswertung zur Spaltmessung;

**[0020]** Fig. 6 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausgestaltung der UV-Messanordnung zur Spaltmessung.

**[0021]** Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines Bauteils 1, im vorliegenden Fall einen Ausschnitt einer Frontpartie einer Fahrzeugkarosserie 2 mit einer Motorhaube 3, einem Kotflügel 4 und einem Frontmodul 5, das eine Stoßfängerverkleidung 6 und ein Scheinwerfermodul 7 umfasst. Das Scheinwerfermodul 7 ist mit einer transparenten Abdeckung 8 versehen, welche das gesamte Scheinwerfermodul 7 überspannt. Zwischen der Abdeckung 8 des Scheinwerfermoduls 7 und den benachbarten Karosseriebereichen 3,4,5 ist eine Spalte 9,9',9'' ausgebildet. Um eine hochwertige Anmutung der Frontpartie der Karosserie 2 sicherzustellen, müssen diese Spalte 9,9',9'' möglichst gleichförmig sein und innerhalb enger Toleranzen liegen. Dies setzt insbesondere voraus, dass das Scheinwerfermodul 7 in einer solchen Weise auf dem Frontmodul 5 montiert ist, dass der Spalt 9 zwischen dem Kotflügel 4 und der ihm gegenüberliegenden Berandung 10 der Scheinwerferabdeckung 8 das gewünschte Maß hat.

**[0022]** Um im Produktionstakt das Spaltmaß 9 überprüfen (und die relative Bauteillage evtl. nachjustieren) zu können, ist ein Messverfahren erforderlich, das eine schnelle und verlässliche Messung und Bewertung der Spaltmaße auf den unkooperativen Materialien gestattet. Hierfür wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Messanordnung 11 verwendet, die in Fig. 2b schematisch dargestellt ist.

**[0023]** Zum besseren Verständnis des Aufbaus und

der Funktionsweise der Messanordnung 11 der Fig. 2b wird zunächst auf Fig. 2a verwiesen. Sie zeigt eine vereinfachte Version 11' der Messanordnung, mit Hilfe derer nur die Scheinwerferabdeckung 8 betrachtet wird, die die linke Berandung 10 des Spalts 9 bildet. Diese vereinfachte Messanordnung 11' umfasst ein Leuchtmittel 12 und ein Detektionsmittel 13, die in fester Relativlage zueinander angeordnet und gemeinsam auf einen festgelegten, abgegrenzten Messbereich 14 ausgerichtet sind. Dieser Messbereich 14 entspricht einem dreidimensionalen Messvolumen, in dem eine Messung der linksseitigen Spaltberandung 10 vorgenommen werden soll. Diese entspricht definitionsgemäß dem Bereich höchster lokaler Krümmung auf der Oberfläche 15 der Scheinwerferabdeckung 8. Die Messanordnung 11' wird dazu in einer solchen Weise gegenüber dem zu vermessenden Bauteil 8 positioniert, dass nach dem Gesetz Einfallswinkel = Ausfallwinkel am Ort der höchsten lokalen Krümmung eine Totalreflexion mit dem Detektionsmittel beobachtbar ist.

**[0024]** Durch Hinzunahme einer weiteren Lichtquelle 12' in der Messanordnung der Fig. 2b wird in analoger Weise die rechte Spaltberandung 21 vermessen. Diese entspricht definitionsgemäß dem Bereich höchster lokaler Krümmung auf der Oberfläche 16 des Kotflügels 4. Leuchtmittel 12,12' und Detektionsmittel 13 sind dann in einer solchen Weise relativ zu dem Spalt 9 ausgerichtet, dass durch die Leuchtmittel 12,12' an den Berandungen 10,21 des Spalts 9 linienförmige Reflexionen 31,33 erzeugt werden, die durch das Detektionsmittel 13 simultan aufgezeichnet werden.

**[0025]** Erfindungsgemäß findet dabei die Spaltmessung im UV-Bereich statt. Der Spektralbereich der verwendeten UV-Strahlung wird dabei in einer solchen Weise auf die spektralen Oberflächeneigenschaften der Bauteilbereiche 4,8 abgestimmt, dass beide Bauteilbereiche 4,8 gegenüber der verwendeten UV-Strahlung lichtundurchlässig sind. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Spaltmessung zwischen Scheinwerferabdeckung 8 und benachbartem Kotflügelbereich 4 müssen die spektralen Eigenschaften der Systemkomponenten der Messanordnung 11 zunächst auf die Transmissionseigenschaften der – im sichtbaren Bereich transparenten – Scheinwerferabdeckung 8 eingestellt werden. Die zugehörigen spektralen Verteilungen der Systemkomponenten sind in Fig. 3 dargestellt. Im vorliegenden Beispiel besteht die Scheinwerferabdeckung 8 aus Polycarbonat, das bei Wellenlängen größer als 420 nm transparent ist, aber bei Wellenlängen kleiner 410 zunehmend opak wird; der Transmissionskoeffizient hat daher bei Wellenlängen > 420 nm einen hohen Wert und fällt bei Wellenlängen < 410 nm stark ab (siehe die durchgezogene Kurve 22 in Fig. 3). Als Leuchtmittel 12 wird ein LED-Array oder eine W-Röhre eingesetzt, deren spektrale Abstrahlcharakteristik

(mit Maximum bei etwa 385 nm) in Fig. 3 als Kurve 23 gestrichelt dargestellt ist. Zur Aufnahme der UV-Bilddaten wird eine UV-Kamera 24 verwendet, die als flächenhaft oder zeilenweise abbildendes System ausgeprägt sein kann und deren spektrale Empfindlichkeit durch die gepunktete Kurve 25 beispielhaft dargestellt ist. Wie aus Kurve 25 ersichtlich, ist die UV-Kamera 24 also für Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 310 nm und 410 nm empfindlich. Um sicherzustellen, dass die Kamera 24 nur Strahlung im Wellenlängenbereich  $< 400$  nm registriert – also in Bereichen, in denen das Polycarbonat der Scheinwerferabdeckung 8 vollständig opak ist –, ist die Kamera 24 mit einem Filter 26 versehen, dessen Transmissionscharakteristik in Fig. 3 durch die gepunktete Kurve 27 gezeigt ist. Die spektrale Empfindlichkeit des Detektionsmittels 13 (Kamera 24 mit davorgeschaltetem Filter 26) entspricht somit dem Produkt der Kurven 25 und 27 (strichpunktierte Kurve 28), während die spektrale Empfindlichkeit der gesamten Messanordnung 11 (Leuchtmittel 12 gemeinsam mit Kamera 24 und Filter 26) dem Produkt der drei Kurven 23, 25 und 27 entspricht und in Fig. 3 als durchgezogene Kurve 29 dargestellt ist. Ein Vergleich der Transmissionskurve des Polycarbonats (Kurve 22) mit der spektralen Empfindlichkeit der Messanordnung 11 (Kurve 29) zeigt, dass die mit Hilfe der Messanordnung 11 gewonnenen Messdaten in einem Spektralbereich aufgenommen werden, in dem das Polycarbonat vollständig opak ist.

[0026] Fig. 4a zeigt ein Kamerabild 30, das von der mit Filter 26 versehenen UV-Videokamera 24 in dem in Fig. 2 angedeuteten Messbereich 14 aufgenommen wurde. Deutlich sichtbar ist eine helle Linie 31, die der UV-Strahlung entspricht, die durch die Berandung 10 der Scheinwerferabdeckung 8 in Richtung der Kamera 24 reflektiert wird. Diese Linie 31 ist sehr deutlich definiert, was darauf hinweist, dass die Reflektionslinie 31 ausschließlich auf die der UV-Messanordnung 11 zugewandte Oberfläche 15 der Scheinwerferabdeckung 8 zurückgeht; die innere, strukturierte Oberfläche 32 der Scheinwerferabdeckung 8 spielt also bei der Erzeugung der Reflektionslinie 31 keine Rolle und beeinflusst daher das Messergebnis nicht. – Deutlich sichtbar ist weiterhin eine zweite helle Linie 33, die der UV-Strahlung entspricht, die durch die Berandung 21 des Kotflügels 4 in Richtung der Kamera 24 reflektiert wird. – Außerdem zeigt Fig. 4a eine zusätzliche breite Linie 34, welche auf eine Totalreflektion auf dem Kotflügel 4 zurückzuführen ist und für die Auswertung der Spaltbreite keine Rolle spielt.

[0027] Die Karosserie, auf der das Kamerabild 30 der Fig. 4a gewonnen wurde, war silbermetallisch lackiert; Fig. 4b zeigt ein Kamerabild 30', das auf einer weiss lackierten Karosserie erzeugt wurde, während Fig. 4c ein auf einer schwarzen Karosserie aufgenommenes Kamerabild 30'' zeigt. Ein Vergleich der

Relativlage der Linien 31, 33 der Fig. 4a mit den Linien 31', 33' bzw. 31'', 33'' der Fig. 4b und 4c zeigt weiterhin, dass die (Relativ-) Position und Ausbildung der Linien unabhängig ist von der Lackfarbe und -struktur des Kotflügels 4. Aus den Bilddaten 30 der UV-Messanordnung 11 können somit – für ein weites Spektrum unterschiedlicher Oberflächen 15, 16 – unabhängig von der Lackfarbe reproduzierbare, vergleichbare Messwerte für das Spaltmaß ermittelt werden.

[0028] Alternativ zur Verwendung einer flächenhaft messenden UV-Kamera kann auch eine Zeilenkamera eingesetzt werden. Die Betrachtungen der letzten beiden Abschnitte sind dabei in analoger Form gültig.

[0029] Zum Auswerten der Kamerabilder 30 und zum Ermitteln der Breite des Spalts 9 ist das Detektionsmittel 13 an eine Auswerteeinheit 35 angeschlossen. Die Auswertung der Kamerabilder 30 kann zeilenweise erfolgen (zwingend bei Verwendung einer Zeilenkamera). Hierbei werden die Bereiche der Totalreflexion im Bild und – als Ergebnis daraus – schließlich die Breite des Spaltes im Bild subpixelgenau bestimmt. Bei flächenhaft messenden Kameras ist alternativ auch eine andere Form der Auswertung möglich (siehe Fig. 5): Zunächst wird das Ausgangsbild 30 mit Hilfe eines Bildauswerteverfahrens in die relevanten Bildregionen für die Spiegellinien zerlegt; eventuelle Störregionen auf Scheinwerferabdeckung oder Karosserie – insbesondere die Totalreflektionslinie 34 – werden dabei herausgefiltert. In einem zweiten Schritt wird eine Bildverarbeitungsroutine durchgeführt, mit Hilfe derer – beispielsweise am oberen Bildrand 36 beginnend – die für die Spaltmessung relevanten Linien 31, 33 zeilenweise subpixelgenau bestimmt werden. Anschließend werden die Spaltbreiten 37 an vorausgewählten Punkten im Bild bestimmt und gemittelt. Neben einem Messwert für die Spaltbreite 37 erhält man auf diese Weise auch Informationen darüber, ob der Spalt 9 überall gleich breit ist, oder ob der Spalt keilförmig ausgebildet ist.

[0030] Abhängig von der Geometrie des Spaltes 9 und der zu lösenden Messaufgabe sind auch andere Relativlagen der Messanordnung zum Spalt möglich. So können Leuchtmittel 12 und Detektionsmittel 13 beispielsweise auch längs des Spaltes 9 ausgerichtet sein.

[0031] Weiterhin kann die Messanordnung 11'' – alternativ zu der in Fig. 2a und 2b gezeigten Ausgestaltung – auch zwei Leuchtmittel 12'' und zwei Detektionsmittel 13'' umfassen, die fest zueinander positioniert und auf einen gemeinsamen Messbereich 14'' ausgerichtet sind (siehe die schematische Darstellung der Fig. 6). Eine solche Messanordnung 11'' entspricht bezüglich der Anordnung ihrer Komponenten 12'', 13'' im wesentlichen der aus der DE 199 10 699 A1 bekannten Messanordnung 11'' zur Spalt-

messung. Um prozesssicher eine gute Messung zu erreichen, sind die W-Leuchtmittel 12" dabei in einer solchen Weise gegenüber dem zu messenden Bauteil 1 ausgerichtet, dass die von ihnen ausgesandten UV-Lichtstrahlen in einem Winkel 19" von etwa 45° zu der Normalebene 18" auf die Berandungen 10,21 der Bauteilbereiche 4,8 treffen. Die UV-Detektionsmittel 13" sind derart ausgerichtet, dass sie Bilder von beiden Berandungen 10,21 aufnehmen können. Indem – wie in Fig. 6 gezeigt – die Detektionsmittel 13" nahe bei den Leuchtmitteln 12" angeordnet werden, kann vermieden werden, dass die Detektionsmittel 13" ein virtuelles Spiegelbild der Leuchtmittel 12" (Totalreflektionslinien 24) aufnehmen.

[0032] Neben der oben beschriebenen Verwendung des UV-Messsystems zur Spaltnessung kann die UV-Messanordnung ganz allgemein zur Oberflächenerfassung (bzw. zur Durchführung eines weiten Spektrums unterschiedlicher Messaufgaben zur räumlichen Charakterisierung von Bauteilen) eingesetzt werden. Das Verfahren eignet sich insbesondere zur Messung von Bauteilen, deren Oberflächen im sichtbaren Spektralbereich transparent (und daher der optischen Messtechnik schwer zugänglich) sind, deren Transmissionskoeffizient jedoch im UV-Spektralbereich stark abfällt. Dies gilt insbesondere auch für die flächenhafte Vermessung von transparenten Objekten, deren Oberfläche neben einem total reflektierenden Anteil auch diffus reflektierenden Anteil besitzt. In diesem Fall kann die Oberfläche mit einem strukturierten bzw. codierten Lichtverfahren erfasst werden, bei dem Muster von einer mit UV-Licht arbeitenden Projektionseinrichtung flächenhaft auf die zu vermessende Oberfläche projiziert und von einer UV-Kamera aufgezeichnet und ausgewertet werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung geometrischer Oberflächenmerkmale eines Bauteils (1,2,4,8) mit Hilfe elektromagnetischer Strahlung, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur geometrischen Oberflächenerfassung Lichtstrahlung im UV-Bereich verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren zur geometrischen Oberflächenerfassung eines Bauteils (1,2,8) verwendet wird, das zumindest abschnittsweise aus einem transparenten Kunststoff, insbesondere Polycarbonat, besteht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Oberflächenerfassung Lichtstrahlung in einem Spektralbereich zwischen 390 nm und 410 nm verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren zur optischen Messung eines Spalts (9) zwischen

zwei Bereichen (4,8) des Bauteils (1,2) verwendet wird, wobei der Spalt (9) durch einander gegenüberliegende Kanten (10,21) der beiden Bauteilbereiche (4,8) begrenzt ist.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erfassung der geometrischen Oberflächenmerkmale des Bauteils (1,2,4,8) mit Hilfe von strukturierter und/oder codierter Lichtstrahlung im UV-Bereich erfolgt.

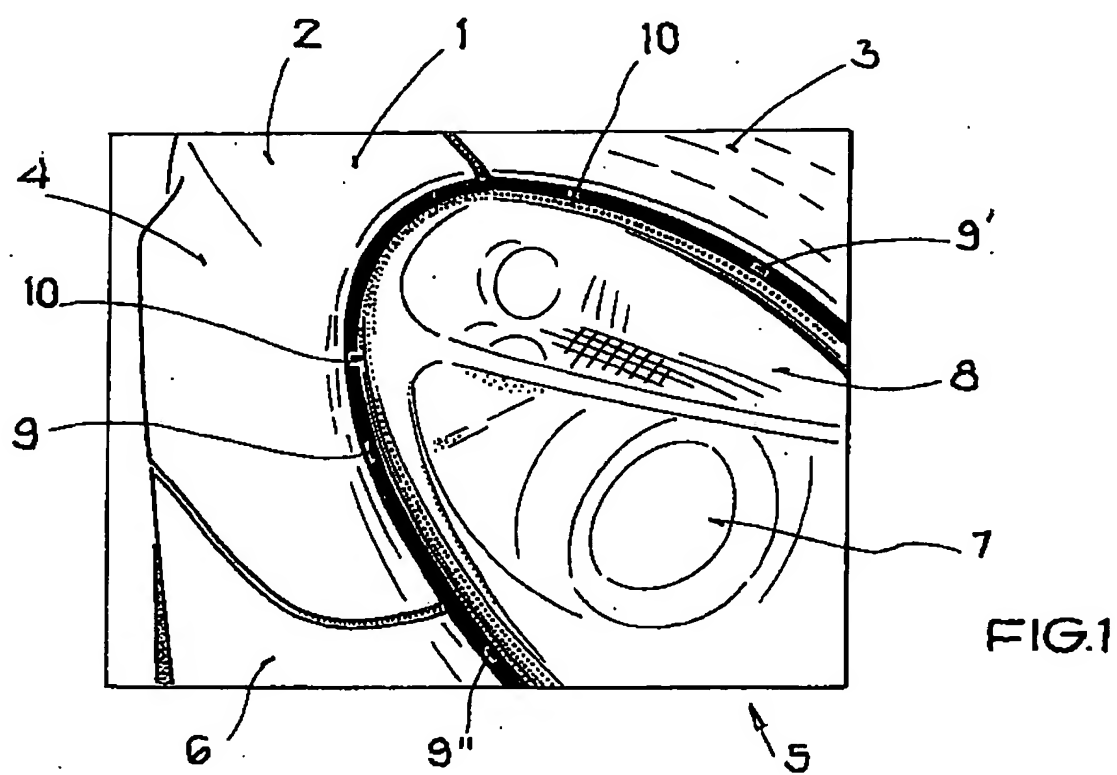
6. Messvorrichtung (11,11',11") zur Erfassung geometrischer Oberflächenmerkmale eines Bauteils (1,2,4,8) mit Hilfe elektromagnetischer Strahlung, mit – einem Leuchtmittel (12,12',12") zum Beleuchten der Oberfläche (15,16) des Bauteils (1,2,4,8), – einem Detektionsmittel (13,13',13") zur Detektion von durch das Leuchtmittel (12,12',12") erzeugten Reflektionen auf dem Bauteil (1,2,4,8) und – Auswertemitteln (35) zum Auswerten der ermittelten Reflektionen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Leuchtmittel (12,12',12") elektromagnetische Strahlung im UV-Bereich ausstrahlt und das Detektionsmittel (13,13',13") selektiv Strahlung im UV-Bereich detektiert.

7. Messvorrichtung nach Anspruch 6 zur Messung einer Breite eines Spalts (9) zwischen zwei Bereichen (4,8) auf dem Bauteil (1,2), wobei der Spalt (9) durch einander gegenüberliegende Kanten (10,21) der beiden Bauteilbereiche (4,8) begrenzt ist, **dadurch gekennzeichnet**, – dass die Messvorrichtung (11,11',11") mehrere Leuchtmittel (12,12',12") und mehrere Detektionsmittel (13,13',13") aufweist, – wobei die Leuchtmittel (12,12',12") und die Detektionsmittel (13,13',13") in einer solchen Weise relativ zueinander und relativ zu dem Spalt (9) ausgerichtet sind, dass die Detektionsmittel (13,13',13") Messwerte von linienförmigen Reflektionen (31,33) an den Kanten (10,21) der Bauteilbereiche (4,8) detektieren, die den Spalt (9) begrenzen.

8. Messvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das oder die Leuchtmittel (12,12',12") als UV-LEDs ausgebildet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das oder die Leuchtmittel (12,12',12") als UV-Leuchtröhren ausgebildet sind.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen





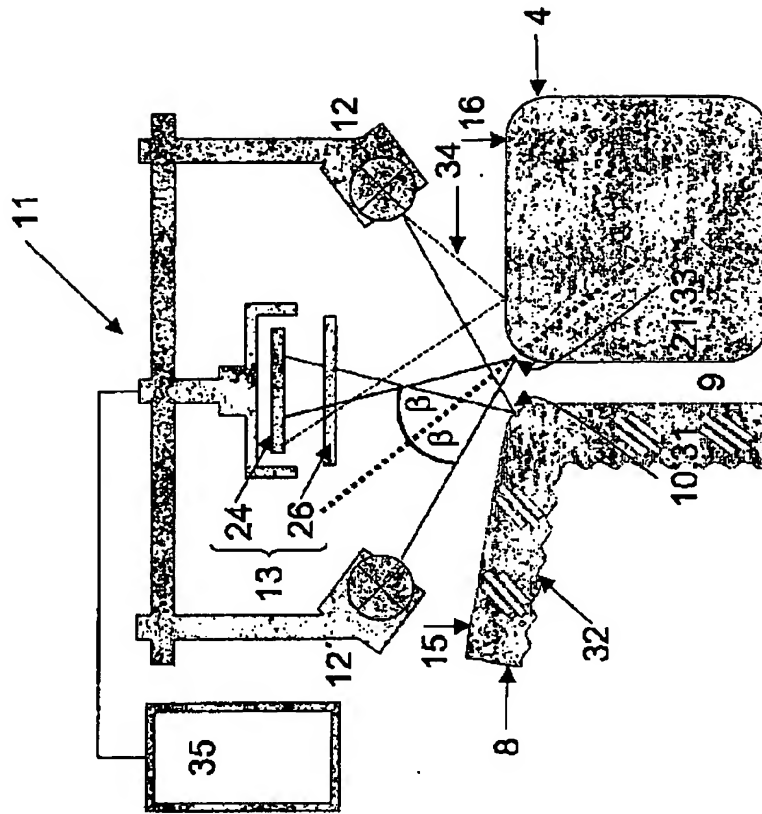


Fig. 2b

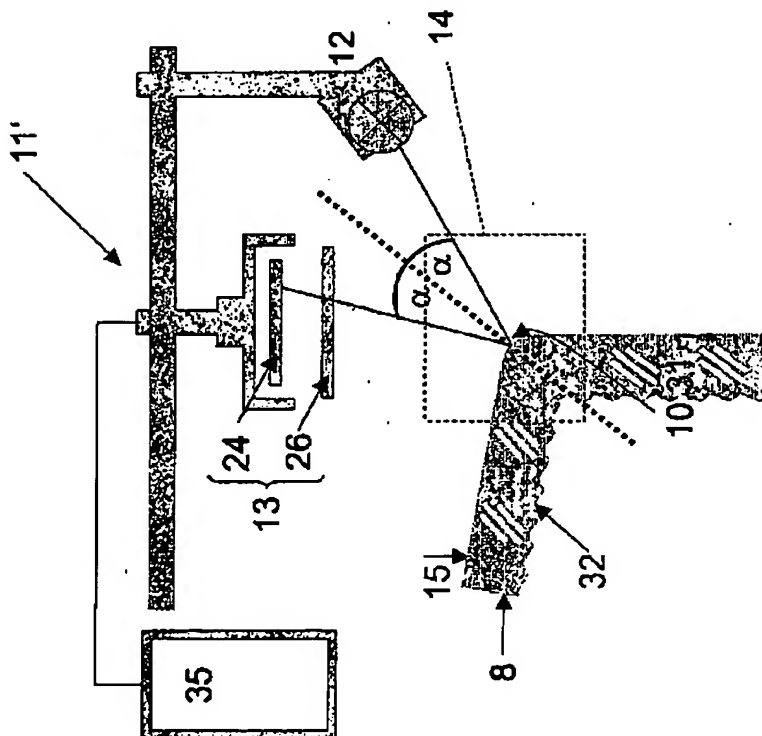
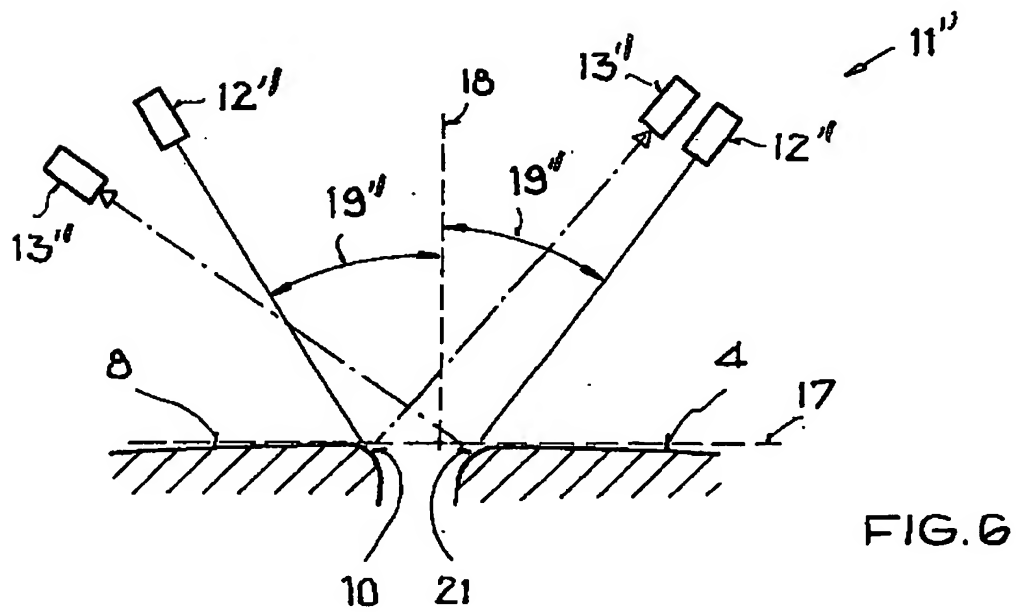
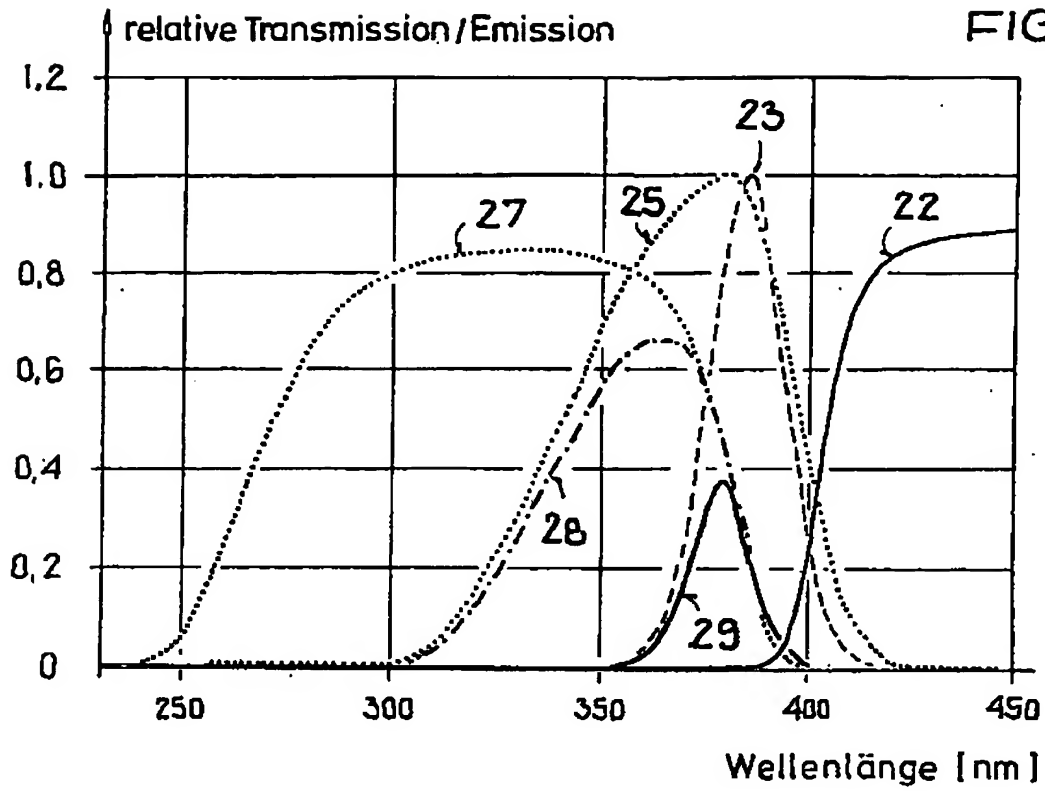


Fig. 2a



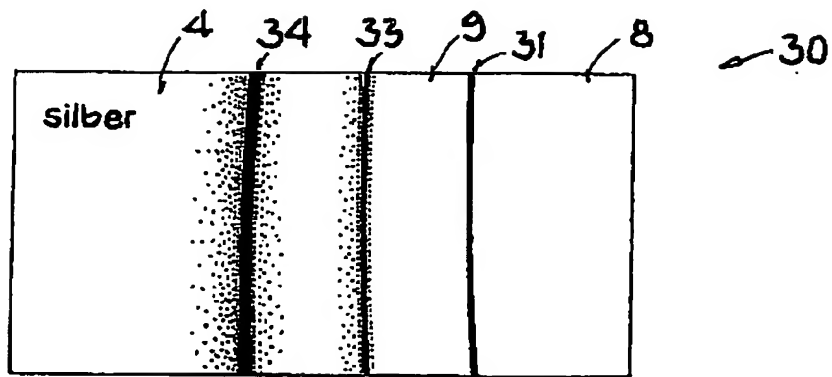


FIG. 4a

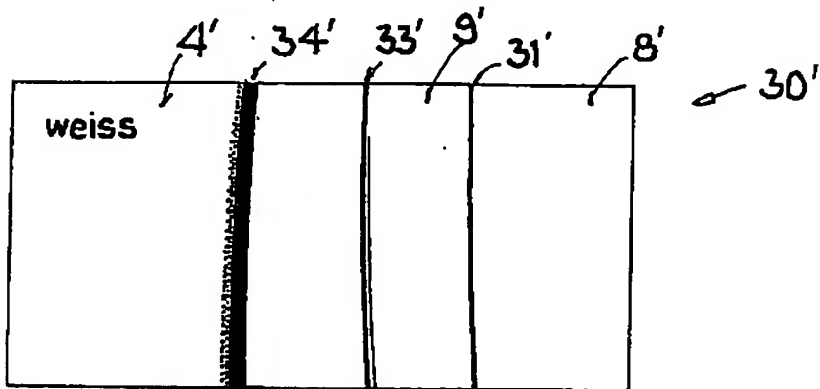


FIG. 4b

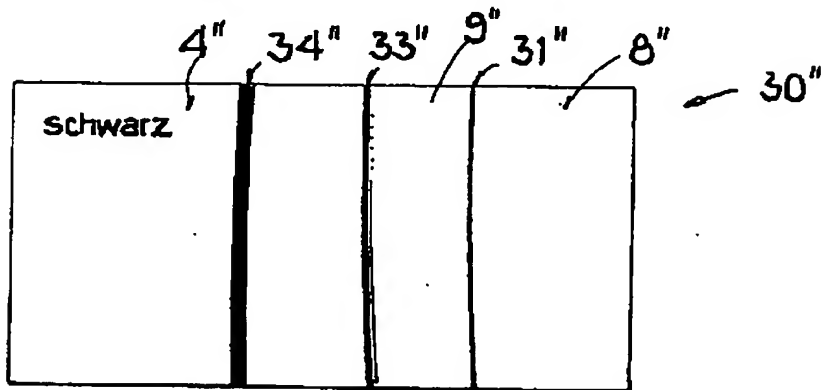


FIG. 4c

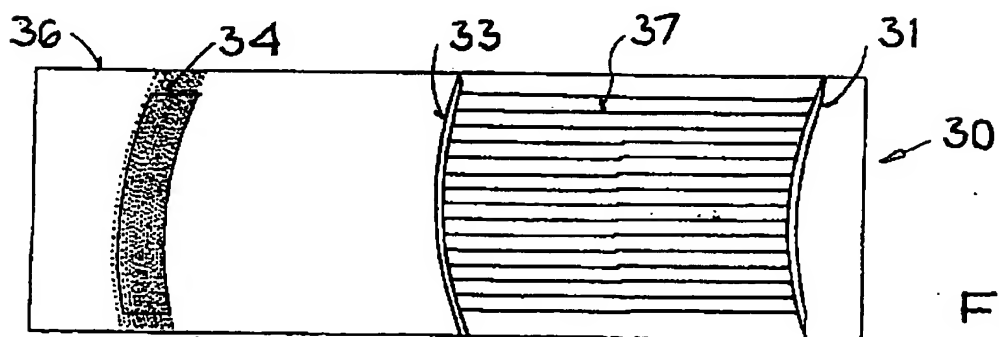


FIG. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**